



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2019/2020

Nº de proyecto: 181

Título del proyecto:

**Reorientación de la didáctica de la Química para la mejora de la formación
inicial de maestros en el ámbito de las competencias profesionales en
Educación para la Sostenibilidad**

Nombre del responsable del proyecto:

Juan Peña Martínez

Centro:

Facultad de Educación – Centro de Formación del Profesorado

Departamento:

Didáctica de Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo general del presente proyecto es reorientar los contenidos y actividades de Química, que se desarrollan como parte de la formación inicial de los futuros maestros de Educación Primaria en el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales, para integrar la sostenibilidad y, por ende, también los principios de la química verde y la química para la sostenibilidad, prestando especial atención al desarrollo del pensamiento sistémico^{1,2}.

En el plan de estudios del Grado en Maestro en Educación Primaria y dobles Grados basados en la anterior titulación, los estudiantes tienen que cursar la asignatura de *Fundamentos y Didáctica de Química y Geología*, que es una asignatura de carácter obligatorio y duración semestral, 6 créditos ECTS, en la que se trabajan conceptos y procedimientos básicos sobre materiales (propiedades, composición, clasificación y usos), cambios químicos, ciclos biogeoquímicos, etc. Por tanto, esta asignatura ofrece el marco idóneo para abordar la situación actual de contaminación, degradación de ecosistemas, agotamiento de recursos, etc., desde una perspectiva holística e interdisciplinar³.

Asimismo, es importante que los alumnos adquieran una competencia digital docente⁴, convirtiéndose en otro reto el integrar las tecnologías digitales con la Educación para la Sostenibilidad (EDS)⁵ y diseñar propuestas didácticas para los futuros maestros. En esta línea, se cuenta con la estrategia de elaboración de portafolios digitales por parte de los estudiantes que facilita la combinación de diferentes herramientas tecnológicas, incluyendo las actividades realizadas con sus respectivas reflexiones personales, además de un seguimiento y un proceso de evaluación del proceso de aprendizaje del alumno^{6,7}.

1 International Union of Pure and Applied Chemistry. Learning Objectives and Strategies for Infusing Systems Thinking into (Post)-Secondary General Chemistry Education (IUPAC Project 2017-010-1-050).

2 Mahaffy, P. G., Brush, E. J., Haack, J. A. & Ho, F. M. (2018). Journal of Chemical Education Call for Papers Special Issue on Reimagining Chemistry Education: Systems Thinking, and Green and Sustainable Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95, 1689–1691.

3 Gómez-Jarabo, I., Saban Vera, C., Sánchez Alba, B., Barrigüete Garrido, M. y Saenz-Rico de Santiago, B. (2019). Formación de profesionales para una ciudadanía planetaria. La educación para el desarrollo sostenible en los títulos de grado de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 1205.

4 INTEF (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente*.

5 Boularhroz Lahmidi, M., Medir Huerta, R. M., y Calabuig i Serra, S. (2019). Tecnologías digitales y educación para el desarrollo sostenible. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 54, 83-105.

6 Rey Sánchez, E. y Escalera Gámiz, A. M. (2011). El portafolio digital un nuevo instrumento de evaluación. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 21, 1-10.

A tenor de lo expuesto anteriormente, se había estimado conveniente las siguientes acciones específicas:

1. Elaboración de una guía de orientación de la enseñanza-aprendizaje de la Química y la Geología, en el marco de la EDS, para ser empleado en en el Grado en Maestro en Educación Primaria (GMEP) y dobles grados como por ejemplo el Doble Grado en Maestro en Educación Primaria y Grado en Pedagogía (DGMEP-GP). La guía constituirá *per se* el instrumento base para poder vertebrar diferentes actividades prácticas diseñadas para la adquisición de competencias aplicando diferentes metodologías de aprendizaje: enseñanza-aprendizaje basada en la indagación, *design thinking*, aprendizaje basado en proyectos (ABP), gamificación, etc. Además, esta guía podría utilizarse para un curso completo de Química y Geología, o servir de ayuda en algún tema en concreto en el resto de asignaturas del área de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.
2. Experiencia piloto con dos grupos de estudiantes durante el curso académico 2019/2020. A los estudiantes del primer grupo la guía elaborada les servirá de ayuda y orientación en las actividades que deberán realizar a lo largo de la asignatura *Fundamentos y Didáctica de Química y Geología*, y recopilarán en un portafolio digital los resultados de las mismas, junto con su reflexión crítica y personal. Antes de la intervención didáctica, y mediante un cuestionario, se determinará su actitud y percepción sobre los problemas medioambientales y su motivación para la realización de actividades que fomenten la sostenibilidad. Con el 2º grupo de alumnos se empleará un tema específico de Química de la guía para apoyar una actividad o conjunto de actividades de una asignatura como por ejemplo *Fundamentos y Didáctica de Biología*.
3. Recabar la valoración y sugerencias de los alumnos respecto la guía de orientación como recurso didáctico.
4. Análisis de la experiencia piloto, valoración y sugerencias de los estudiantes con el objetivo de introducir las modificaciones necesarias en la guía de orientación.
5. Difusión del proyecto mediante comunicaciones a congresos y revistas especializadas de didáctica de las ciencias experimentales.

2. Objetivos alcanzados

Los tres primeros objetivos planteados, ver punto anterior, se han cumplido en su totalidad. La guía de orientación (primer objetivo) fue elaborada y utilizada por un grupo de estudiantes que cursaban la asignatura de Fundamentos y Didáctica de Química y Geología del GMEP durante el primer cuatrimestre, y parcialmente por otro grupo más del DGMEP-GP en la asignatura de Fundamentos y Didáctica de Biología en el segundo cuatrimestre del curso 2019/2020. La guía estaba disponible en el Campus Virtual de la universidad así como en un tablón digital, véase Figura 1, creado *ad hoc* y accesible desde la página web del profesor responsable⁸.

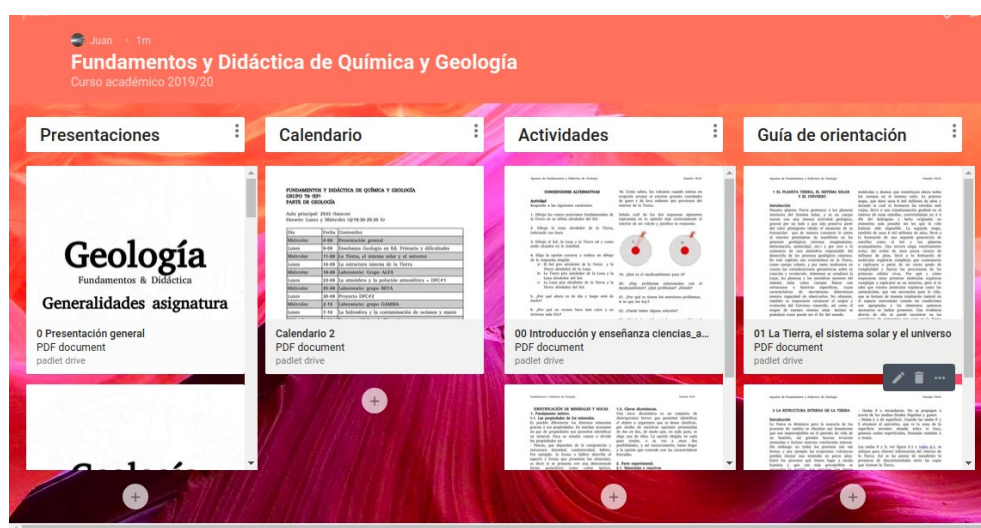


Figura 1. Captura de pantalla del tablón digital empleado en la asignatura.

Previo a la intervención didáctica con el primer grupo de estudiantes, se obtuvo información respecto a la percepción y actitud de los mismos respecto los problemas medioambientales y el desarrollo sostenible, mediante un cuestionario constituido de 12 preguntas abiertas agrupadas en 3 categorías:

- El estudiante *debe saber* que es el medioambiente, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Agenda 2030, etc.
- El estudiante *debe ser capaz* de relacionar los tipos, causas y posibles soluciones de los problemas medioambientales.
- El estudiante *debe implicarse en* actividades relacionadas con la sostenibilidad en la universidad y fuera de la misma.

De los resultados obtenidos, el 100% del grupo de alumnos se mostró a favor de tener más actividades relacionadas con el medioambiente en su programa de estudios. Un 17% no realizaba ningún tipo de actividad o acción fuera de la

⁸ <https://www.ucm.es/juanpena/estudios-de-grado>

universidad relacionado con el respeto y conservación del medioambiente. El resto de estudiantes apuntó llevaban a cabo medidas como reciclaje, ahorro energético y de agua, consumo responsable, disminución del empleo de plásticos, y uso de transporte público. Como un caso anecdótico, una estudiante valoraba la posibilidad de convertirse en vegana para reducir las emisiones de CO₂ (derivadas de la industria cárnica).

Los estudiantes de ambos grupos llevaron a cabo diferentes actividades (2º objetivo) que fueron moduladas para introducir las diferentes estrategias educativas dirigidas a fomentar la EDS (ver punto 3). Por ejemplo, mediante ABP, se propuso a los estudiantes del primer grupo el diseño de un cultivo acuapónico⁹, mientras que los del 2º grupo trabajaron mediante gamificación la protección de ecosistemas en la práctica "Biodiversidad y desarrollo sostenible, hábitos de vida saludables" que, a su vez, integraba otras dos actividades más sobre conservación de los océanos y la importancia de tener una dieta sana.

En cuanto a la valoración de los estudiantes tras la intervención didáctica, (tercer objetivo), se empleó un cuestionario en línea, con carácter voluntario, en el que se preguntaba a los estudiantes sobre la guía de orientación aspectos como: frecuencia de uso, nivel de satisfacción, etc. Del primer grupo de estudiantes que emplearon durante toda la asignatura la guía de orientación, el 80% completó la encuesta y reportó un nivel de satisfacción muy elevado. Con el 2º grupo de alumnos, que emplearon parcialmente la guía para estudiar un tema de Química, el 66,7% completaron la encuesta y respondieron que estaban satisfechos con dicho material.

Por otro lado, un 80% de los estudiantes que completaron la encuesta del primer grupo indicaron que su concienciación respecto al cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad había cambiado y, a raíz del proyecto desarrollado sobre sistemas acuapónicos (ver punto 3), el 100% de los mismos estaba más interesado en aprender nuevas estrategias para ser más sostenible. Esta actitud coincide con lo encontrado en el 2º grupo de estudiantes, donde la práctica realizada también influyó para que un 93,3% de los mismos respondieran de la misma manera, reconociendo que la actividad había merecido la pena a pesar de todo el esfuerzo necesario para su preparación y puesta a punto. Finalmente, se está procediendo con la revisión de la guía de orientación (4º objetivo) y se tiene previsto difundir el proyecto en el VI Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología (5º objetivo).

⁹ La acuaponía es una técnica que une la hidroponía y la acuicultura para la producción conjunta de plantas y peces.

3. Metodología empleada en el proyecto

Elaboración de la guía de orientación y portafolios de actividades: La guía de ayuda, cuyo hilo conductor es el respeto y conservación del medioambiente, contiene fundamentos teóricos, notas de interés, enlaces a videos, simuladores y fuentes electrónicas, prácticas de laboratorio y un conjunto de actividades que se llevaron a cabo aplicando diferentes estrategias educativas. Cada estudiante recopiló los resultados, añadiendo sus propias reflexiones, en un portafolio digital.

Estrategias educativas para realizar las actividades: Un primer conjunto de actividades se llevó a cabo aplicando una enseñanza basada en la indagación; en las que los estudiantes se involucran en cuestiones científicas, formulan explicaciones, buscan pruebas, interpretan datos, comunican e intercambian ideas. Asimismo, tuvieron que plantear una propuesta didáctica, breve y concreta, de entidad menor a una unidad didáctica, por tanto de una única sesión, aunque podía enmarcarse dentro de una programación mayor, en torno al tema: *¿Qué cambios supondría que la Tierra dejara de rotar?* Se les facilitó material de consulta y apoyo.

La segunda estrategia aplicada, basada en la metodología *Design thinking*, se denomina *Design For Change*¹⁰, que es un movimiento internacional que ofrece a los estudiantes la oportunidad de poner en práctica sus propias ideas para cambiar el mundo partiendo de su propio entorno. El rol del profesor es centrarse en facilitar su trabajo guiándoles a través del proceso y creando las condiciones necesarias para desarrollar sus proyectos. Se diverge para aumentar el abanico de opciones disponibles, y se converge después para escoger las mejores opciones. Se llevaron a cabo tres propuestas para mejorar la concienciación de los estudiantes de la Facultad de Educación sobre el reciclaje y la conservación de espacios de la facultad.

Finalmente, mediante un enfoque ABP y a partir de un debate sobre los aspectos más relevantes para mejorar la sostenibilidad del planeta, los estudiantes tuvieron que proyectar un cultivo acuapónico, que es un sistema a escala local para proporcionar vegetales y proteínas de origen animal (peces) de una manera ecológica y sostenible, formado por dos subsistemas (hidroponía y acuicultura) que están unidos formando un circuito cerrado donde el agua recircula a través de ellos. Durante la actividad, los estudiantes tuvieron que resolver cuestiones relativas a qué variables, dimensiones del cultivo, qué peces y plantas, ratio peces/planta, cómo recircular el agua, etc.

¹⁰ URL: <https://www.dfcpain.org/>

4. Recursos humanos

El equipo de trabajo está constituido por un técnico de laboratorio, y varios profesores e investigadores de la Facultad de Educación – Centro de Formación de Profesorado y de la Facultad de Ciencias Químicas, concretamente del Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Departamento de Investigación y Psicología en Educación, Departamento de Química Analítica y Departamento de Química Orgánica. La colaboración interdisciplinar de sus integrantes ha permitido diseñar y elaborar un recurso didáctico para integrar la educación para la sostenibilidad, sin olvidar el resto de competencias necesarias en la formación de los futuros maestros del siglo XXI. Para ello, ha sido de gran ayuda la experiencia adquirida por el equipo en varios proyectos de innovación realizados en convocatorias anteriores sobre el uso de herramientas digitales^{11,12,13} y la aplicación de nuevos enfoques metodológicos^{14,15}

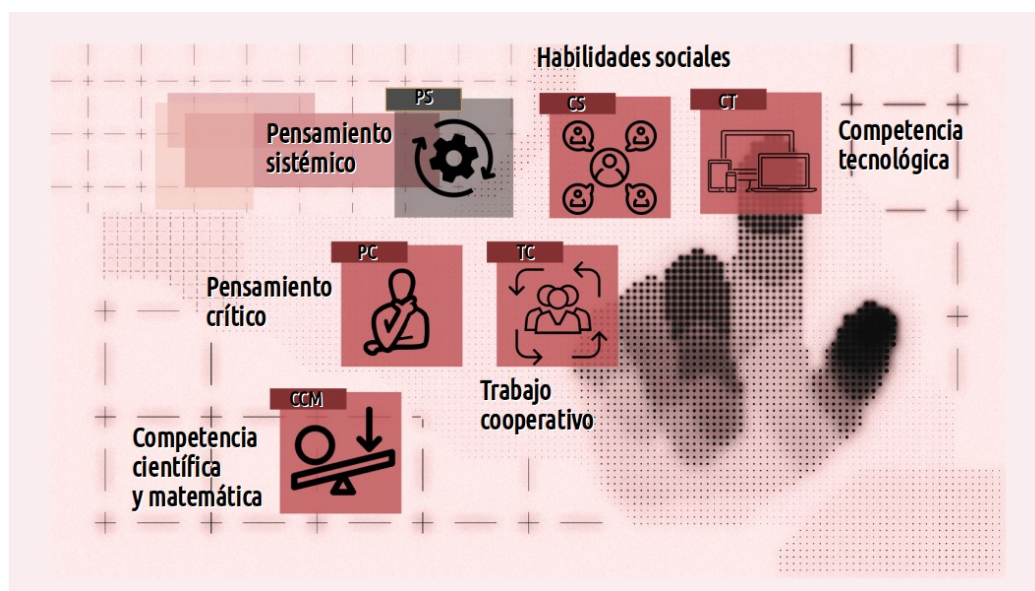


Figura 3. Competencias clave de los futuros maestros del siglo XXI.

11 Laboratorio de Ciencias en Campus Virtual: elaboración de recursos didácticos on-line para apoyo, complemento y extensión del trabajo experimental de laboratorio en el Grado de Maestro en Educación Primaria. URL: <https://eprints.ucm.es/28085/>

12 Laboratorio virtual de Química para los futuros maestros de Educación Primaria. URL: <https://eprints.ucm.es/35228/>

13 Página web del grupo bilingüe de la Facultad de Educación para la enseñanza de las ciencias: elaboración, explotación y juicio crítico de los estudiantes de cara a la internacionalización de la docencia. URL: <https://eprints.ucm.es/43275/>

14 El enfoque STEM en la Formación Inicial de Maestros: pilas de combustible microbióticas. URL: <https://eprints.ucm.es/48120/>

15 Integración de los enfoques AICLE y CTIM en las actividades experimentales del grupo bilingüe de la Facultad de Educación. URL: <https://eprints.ucm.es/55723/>

5. Desarrollo de las actividades

El desarrollo final de las acciones establecidas para el cumplimiento de los objetivos del proyecto ha sido el siguiente:

Primera fase (junio-septiembre 2019):

- Revisión bibliográfica de recursos y actividades propuestas para trabajar la EDS en la formación inicial de maestros y elaboración de la guía de orientación de la asignatura “Fundamentos y Didáctica de Química y Geología”.
- Determinación de la estructura del portafolio digital de los estudiantes y las correspondientes rúbricas de evaluación (ver ejemplo en la Tabla 1).
- Realización, al inicio del curso, de una encuesta a los estudiantes objeto de la intervención didáctica para conocer su percepción y actitud frente a los problemas medioambientales y el desarrollo sostenible, así como su voluntad para involucrarse en actividades relacionadas con los aspectos comentados anteriormente.

Tabla 1. Rúbrica de evaluación del portafolio digital de los estudiantes.

| Criterios | Insuficiente | Regular | Bueno | Excelente |
|---|---|---|---|---|
| Tabla de contenido y estructura del portafolio | No incluye tabla de contenidos | Presenta solo, sin claridad, el contenido de portafolio | Presenta el contenido y estructura del portafolio | Muestra claramente el contenido y estructura del portafolio |
| Actividades incluidas en el portafolio | Faltan las actividades del aula, o la práctica del laboratorio, o el proyecto DFC, o el proyecto del cultivo acuapónico | Faltan dos de las actividades del aula pero incluye la actividad de laboratorio y los proyectos DFC y cultivo acuapónico | Falta alguna de las actividades realizadas en el aula, pero incluye la actividad de laboratorio y los proyectos DFC y cultivo acuapónico | Incluye todas las actividades realizadas en el aula, actividad de minerales y rocas, proyecto DFC y proyecto del cultivo acuapónico. |
| Calidad didáctica de las actividades, informes de laboratorio y proyectos | Las actividades de aula y laboratorio, e informes sobre los proyectos DFC y cultivo acuapónico no están trabajados y la reflexión pedagógica es escasa. No se vislumbra una relación con sus futuras clases en un centro de Primaria. | Las actividades de aula y laboratorio, e informes sobre los proyectos DFC y cultivo acuapónico están poco trabajados y la reflexión pedagógica escasa pero se intenta relacionarla con sus futuras clases en un centro de Primaria. | Las actividades de aula y laboratorio, e informes sobre los proyectos DFC y cultivo acuapónico están trabajados y muestra cierto nivel de reflexión pedagógica y se intenta relacionarla con sus futuras clases en un centro de Primaria. | Las actividades de aula y laboratorio, e informes sobre los proyectos DFC y cultivo acuapónico están muy trabajados y muestran un buen nivel de reflexión pedagógica destacando su valor para la práctica en sus futuras clases en un centro de Primaria. |
| Organización de la información | La información no está bien estructurada y no sigue una secuencia lógica. | La información está bien estructurada, pero no sigue una secuencia lógica. | La información está bien estructurada y sigue una secuencia lógica. | La información está muy bien estructurada y sigue una secuencia lógica. |

Segunda fase (septiembre 2019-mayo 2020):

- Implementación de las distintas actividades, según las estrategias educativas descritas en el punto 3, con el primer grupo de estudiantes del GMEP, asignatura “Fundamentos y Didáctica de Química y Geología”. Dichas actividades fueron complementadas con presentaciones multimedia y prácticas de laboratorio.
- Ensayo piloto de la guía de orientación en otras asignaturas de ciencias experimentales, concretamente de un tema dedicado a los cambios químicos con un grupo de estudiantes del DGMEP-P, asignatura “Fundamentos y Didáctica de Biología”, y como apoyo a la práctica "Biodiversidad y desarrollo sostenible, hábitos de vida saludables" constituida por las actividades: conservación de los océanos (Figura 4), protección de los ecosistemas (Figura 5) y hábitos de vida saludable.

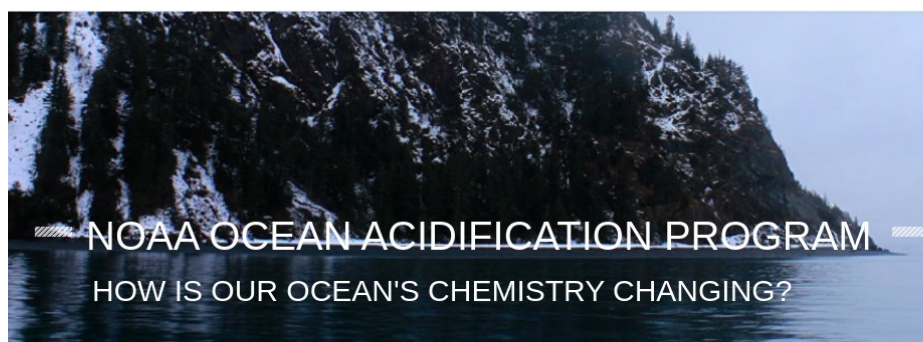


Figura 4. Imagen de la página web del programa sobre acidificación de los océanos del National Oceanic and Atmospheric Administration de EE.UU. (<https://oceanacidification.noaa.gov>).

- Tras la intervención didáctica, ambos grupos de estudiantes completaron un cuestionario en línea adaptado de la literatura¹⁶ sobre su nivel de satisfacción de la guía de orientación y sobre la práctica del cultivo acuapónico (primer grupo de estudiantes) y práctica de biodiversidad y hábitos saludables (2º grupo de estudiantes). Se perseguía contestar a las siguientes preguntas:
 - ¿El diseño de la guía de orientación y actividades propuestas era adecuado para asegurar un buen aprendizaje de la asignatura?
 - ¿La actitud hacia la sostenibilidad de los estudiantes había cambiado?

¹⁶ Clayborn, J. Medina, M. & O'Brien, G. (2017). School gardening with a twist using fish: Encouraging educators to adopt aquaponics in the classroom. *Applied Environmental Education & Communication*, 16(2), 93-104.

- Análisis de la experiencia y las valoraciones de los estudiantes para introducir las modificaciones pertinentes en la guía de orientación, así como del empleo del portafolio digital como herramienta de trabajo para evaluar el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes (en proceso). En definitiva, tras la experiencia se están analizando los siguientes aspectos¹⁷:
 - El diseño de los recursos didácticos.
 - La interacción entre el profesor responsable y los estudiantes.
 - Los resultados del aprendizaje de los estudiantes en función de sus portafolios digitales.
 - El contexto donde se desarrolla el aprendizaje.
- Preparación de comunicación para difusión de los resultados en el VI Congreso Internacional de Docentes de Ciencias y Tecnología, a celebrar en Madrid (a celebrar en abril de 2020, pero pospuesto primeramente a octubre de 2020 y finalmente aplazado para abril de 2021 por los problemas derivados de la pandemia de la COVID-19).

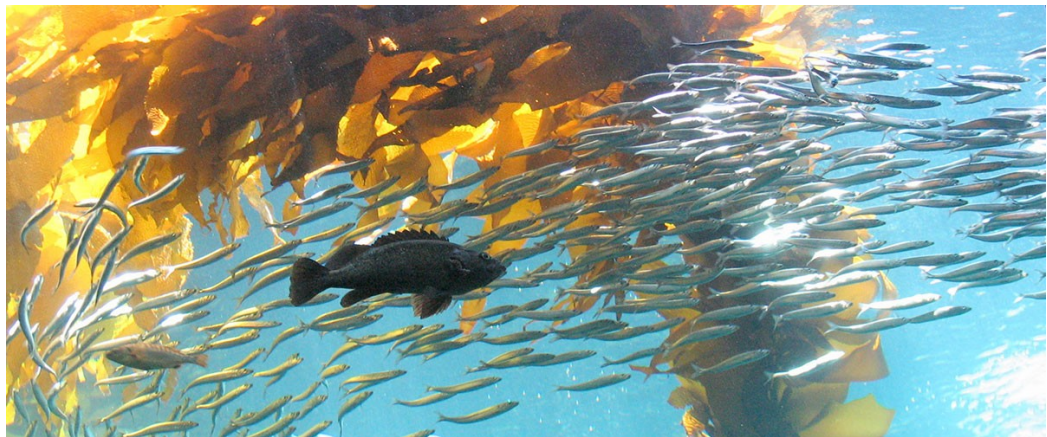


Figura 5. Imagen del ecosistema de los bosques de kelp¹⁸ (fuente: NOAA¹⁹)

¹⁷ Anderson, M. & Gavan, C. (2016). Developing Effective Educational Experiences through Learning Analytics. Hershey PA: IGI Global.

¹⁸ Los bosques de algas (también llamados bosques de kelp) son áreas subacuáticas con una alta densidad de algas pardas de gran tamaño. Se reconocen como uno de los ecosistemas más productivos y dinámicos en la Tierra. La alteración de estos ecosistemas puede acarrear graves consecuencias medioambientales.

¹⁹ URL: <https://sanctuaries.noaa.gov/visit/ecosystems/kelpdesc.html>